

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

WO2008/146513

発行日 平成22年8月19日 (2010.8.19)

(43) 国際公開日 平成20年12月4日 (2008.12.4)

(51) Int. Cl. F 1 テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/08 (2006.01) A 6 1 B 8/08 4 C 6 0 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

出願番号	特願2009-516199 (P2009-516199)	(71) 出願人	000166247 古野電気株式会社 兵庫県西宮市芦原町9番52号
(21) 国際出願番号	PCT/JP2008/054129	(72) 発明者	未利 良一 日本国兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気株式会社内
(22) 国際出願日	平成20年3月7日 (2008.3.7)	(72) 発明者	小河 慎二 日本国兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気株式会社内
(81) 指定国	AP (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, T R), OA (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, K G, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, T T, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW	(72) 発明者	魚留 篤 日本国兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気株式会社内
		(72) 発明者	中野 貴由 日本国大阪府吹田市山田丘1-1 国立大学法人 大阪大学内

最終頁に続く

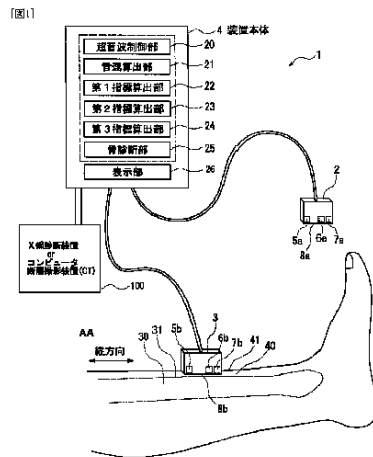
(54) 【発明の名称】 骨強度診断装置及び骨強度診断方法

(57) 【要約】

【課題】 骨の骨強度を正確に診断することのできる骨強度診断装置及び骨強度診断方法を提供する。

【解決手段】 縦方向用超音波送受波器及び横方向用超音波送受波器は、脛骨の骨表面に所定の角度から超音波を放射し、骨表面を脛骨の長軸方向及び長軸方向に直交する方向に伝搬する表面波をそれぞれ発生させると共に、表面波から軟組織側に漏洩する漏洩波をそれぞれ受波する。音速算出部は、超音波の経路長の差と伝搬時間の差に基づき、横方向及び縦方向の表面波音速を算出する。第1指標算出部は、横方向の表面波音速を用いて骨密度を評価する第1指標を算出する。第2指標算出部は、縦方向及び横方向の表面波音速を用いて、骨の配向性を評価する第2指標を算出する。第3指標算出部は、皮質骨厚みを測定し骨の強度を評価する第3指標を算出する。骨診断部は、第1指標、第2指標、第3指標のうち少なくとも1つを用いることで、骨強度を診断する。

【選択図】 図1



4 APPARATUS BODY
 20 ULTRASONIC WAVE CONTROL SECTION
 21 SOUND VELOCITY COMPUTING SECTION
 22 FIRST INDEX COMPUTING SECTION
 23 SECOND INDEX COMPUTING SECTION
 24 THIRD INDEX COMPUTING SECTION
 25 BONE DIAGNOSING SECTION
 26 DISPLAY SECTION
 100 X-RAY DIAGNOSING APPARATUS OR COMPUTER
 TOMOGRAPHIC
 APPARATUS (CT)
 AA LONGITUDINAL DIRECTION

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波を用いて骨強度を診断する骨強度診断装置であって、
 超音波を骨の表面に放射し、前記骨の表面において、その長軸方向に交差する第 1 方向に沿って伝搬する超音波の音速を測定する音速測定手段と、
 前記音速測定手段により測定された前記第 1 方向の音速を用いて、骨密度に関する第 1 指標を算出する第 1 指標算出手段と、
 前記第 1 指標算出手段により算出された前記第 1 指標に基づいて、骨強度を診断する骨診断手段と、
 を備えていることを特徴とする骨強度診断装置。

10

【請求項 2】

前記音速測定手段が、さらに、前記骨の長軸方向に平行な第 2 方向に沿って伝搬する超音波の音速を測定するものであり、
 前記音速測定手段により測定された前記第 2 方向の音速と、前記第 1 方向の音速とを用いて、骨の配向性に関する第 2 指標を算出する第 2 指標算出手段をさらに備え、
 前記骨診断手段は、骨密度に関する前記第 1 指標と、骨の配向性に関する前記第 2 指標の両方から、骨強度を診断することを特徴とする請求項 1 に記載の骨強度診断装置。

【請求項 3】

前記第 1 方向が、前記骨の長軸方向に直交する方向であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の骨強度診断装置。

20

【請求項 4】

前記音速測定手段が、さらに、前記骨の皮質骨厚みを測定するものであり、
 前記音速測定手段により測定された前記皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第 3 指標を算出する第 3 指標算出手段をさらに備え、
 前記骨診断手段は、骨密度に関する前記第 1 指標と、骨強度に関する前記第 3 指標の両方から、骨強度を診断することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の骨強度診断装置。

【請求項 5】

前記音速測定手段が、さらに、前記骨の皮質骨厚みを測定するものであり、
 前記音速測定手段により測定された前記皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第 3 指標を算出する第 3 指標算出手段をさらに備え、
 前記骨診断手段は、骨密度に関する前記第 1 指標と、骨の配向性に関する前記第 2 指標と、骨強度に関する前記第 3 指標のうち、少なくとも 1 つを用いて、骨強度を診断することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の骨強度診断装置。

30

【請求項 6】

前記音速測定手段は、超音波を骨の表面に略垂直に放射し、前記骨の表面からの第 1 反射波、及び、前記骨の裏面からの第 2 反射波を受波し、前記第 1 反射波と前記第 2 反射波がそれぞれ受波された時間の差に基づいて、前記骨の厚みを算出することを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の骨強度診断装置。

【請求項 7】

前記受波された時間の差と、前記骨中を伝播する超音波の音速の仮定値とを用いて、前記骨の厚みを算出することを特徴とする請求項 6 に記載の骨厚み測定装置。

40

【請求項 8】

皮質骨測定手段により測定された前記骨の皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第 3 指標を算出する第 3 指標算出手段をさらに備え、
 前記骨診断手段は、骨密度に関する前記第 1 指標と、骨強度に関する前記第 3 指標の両方から、骨強度を診断することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の骨強度診断装置。

【請求項 9】

皮質骨測定手段により測定された前記骨の皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第 3

50

指標を算出する第3指標算出手段をさらに備え、

前記骨診断手段は、骨密度に関する前記第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標と、骨強度に関する前記第3指標のうち、少なくとも1つを用いて、骨強度を診断することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の骨強度診断装置。

【請求項10】

前記皮質骨測定手段は超音波を用いた測定装置であることを特徴とする請求項8または9に記載の骨強度診断装置。

【請求項11】

前記皮質骨測定手段はX線診断装置であることを特徴とする請求項8または9に記載の骨強度診断装置。

10

【請求項12】

前記皮質骨測定手段はコンピュータ断層撮影装置であることを特徴とする請求項8または9に記載の骨強度診断装置。

【請求項13】

超音波を用いて骨強度を診断する方法であって、

超音波を骨の表面に放射し、前記骨の表面において、その長軸方向に交差する第1方向に沿って伝搬する超音波の音速と、前記長軸方向に平行な第2方向に沿って伝搬する超音波の音速とをそれぞれ測定する音速測定工程と、

前記音速測定工程で測定された前記第1方向の音速を用いて、骨密度に関する第1指標を算出する第1指標算出工程と、

20

前記音速測定工程で測定された前記第2方向の音速と、前記第1方向の音速とを用いて、骨の配向性に関する第2指標を算出する第2指標算出工程と、

骨密度に関する前記第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標の両方から、骨強度を診断する骨診断工程と、

を備えることを特徴とする骨強度診断方法。

【請求項14】

前記音速測定工程が、さらに、前記骨の皮質骨厚みを測定するものであり、

前記音速測定工程により測定された前記皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第3指標を算出する第3指標算出工程をさらに備え、

前記骨診断工程は、骨密度に関する前記第1指標と、骨強度に関する前記第3指標の両方から、骨強度を診断することを特徴とする請求項13に記載の骨強度診断方法。

30

【請求項15】

前記音速測定工程が、さらに、前記骨の皮質骨厚みを測定するものであり、

前記音速測定工程により測定された前記皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第3指標を算出する第3指標算出工程をさらに備え、

前記骨診断工程は、骨密度に関する前記第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標と、骨強度に関する前記第3指標のうち、少なくとも1つを用いて、骨強度を診断することを特徴とする請求項15に記載の骨強度診断方法。

【請求項16】

皮質骨測定工程により測定された前記骨の皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第3指標を算出する第3指標算出工程をさらに備え、

40

前記骨診断工程は、骨密度に関する前記第1指標と、骨強度に関する前記第3指標の両方から、骨強度を診断することを特徴とする請求項13に記載の骨強度診断方法。

【請求項17】

皮質骨測定工程により測定された前記骨の皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第3指標を算出する第3指標算出工程をさらに備え、

前記骨診断手段は、骨密度に関する前記第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標と、骨強度に関する前記第3指標のうち、少なくとも1つを用いて、骨強度を診断することを特徴とする請求項13に記載の骨強度診断方法。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を用いて骨強度を診断する骨強度診断装置及び骨強度診断方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、骨強度を診断する装置として、X線を利用して骨密度を精密に測定する診断装置があるが、装置が大掛かりであり、放射線を被爆するという問題がある。

【0003】

そこで、このような問題が生じない非侵襲的な骨強度診断装置として、超音波を利用する装置が用いられている（例えば、特許文献1参照）。このような診断装置では、超音波の送波機器から骨の表面に対し所定の角度傾いた方向から超音波を放射し、骨の表面に表面波を発生させる。そして、例えば、この超音波の送波機器に対して相対移動可能な超音波の受波機器により、表面波から漏洩する漏洩波を受波し、超音波を放射してから漏洩波が受波されるまでの伝搬時間や伝搬距離に基づき、表面波の音速を測定する。このような装置では、橈骨、脛骨及び指骨といった長管状骨を測定部位とし、且つ、これら長管状骨の長軸方向に沿って伝わる表面波の音速を測定している。また、一般的に、測定された表面波の音速が速い程、骨強度は高いと診断される。

10

【特許文献1】特表2005-510283号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、本願発明者らは、測定された表面波の音速が速い場合であっても、実際の骨密度が低い場合があり、逆に、測定された表面波の音速が遅い場合であっても、実際の骨密度が高い場合があり、長管状骨の長軸方向の表面波の音速は骨密度との相関性が乏しいことを知見した。よって、長管状骨の長軸方向の表面波の音速に基づいて、骨強度を正確に評価することは困難である。

【0005】

そこで、本発明は、骨の骨強度をより正確に診断することのできる骨強度診断装置及び骨強度診断方法を提供することを目的とする。

30

また本発明は、超音波、X線診断装置、コンピュータ断層撮影装置等を用いて「皮質骨厚み」を、超音波を用いて「各軸方向の音速」を生体外から測定することで、皮質骨厚みから骨量、円周もしくは径方向音速から骨密度、それに長軸方向の音速を用いて骨配向性の観測が可能で、現在より多くの視点から骨強度を診断することのできる骨強度診断装置及び骨強度診断方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0006】

本願の骨強度診断装置は、超音波を用いて骨強度を診断する骨強度診断装置であって、超音波を骨の表面に放射し、前記骨の表面において、その長軸方向に交差する第1方向に沿って伝搬する超音波の音速を測定する音速測定手段と、前記音速測定手段により測定された前記第1方向の音速を用いて、骨密度に関する第1指標を算出する第1指標算出手段と、前記第1指標算出手段により算出された前記第1指標に基づいて、骨強度を診断する骨診断手段と、を備えていることを特徴とする。

40

【0007】

一般的に、骨の表面を伝搬する超音波（表面波）の音速は、骨密度、骨の配向性等の骨の特性の影響を受けていると考えられる。骨は、ハイドロキシアパタイト結晶と、コラーゲン繊維が規則的に配列した構造を有する。長管状骨は、ハイドロキシアパタイト（HAp）結晶のc軸が、長軸方向に沿って配向した1軸配向性と呼ばれるHAp結晶の配向性を有する。繊維状のコラーゲンの走行方向（配向性）は、このHAp結晶のc軸方向とほぼ同じである。長軸方向の表面波の音速は、長軸方向の骨の配向性（HAp結晶の配向性

50

とコラーゲン繊維の配向性)と骨密度の両方の影響を大きく受けており、そのため、長軸方向の音速から骨密度を正確に把握することはできないと考えられる。一方、長軸方向に交差する方向である第1方向の表面波の音速は、骨の配向性の影響が小さく、骨密度との相関性が大きいと考えられる。従って、第1指標算出手段は、第1方向の音速に基づいて、骨密度に関する第1指標を算出することができる。また、骨診断手段は、この第1指標に基づいて、骨強度を診断することにより、長軸方向の音速に基づいて骨強度を診断する場合に比べて、正確に骨強度を診断することができる。

【0008】

本願の骨強度診断装置は、前記音速測定手段が、さらに、前記骨の長軸方向に平行な第2方向に沿って伝搬する超音波の音速を測定するものであり、前記音速測定手段により測定された前記第2方向の音速と、前記第1方向の音速とを用いて、骨の配向性に関する第2指標を算出する第2指標算出手段をさらに備え、前記骨診断手段は、骨密度に関する前記第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標の両方から、骨強度を診断することを特徴とする。

10

【0009】

第2方向の音速は、骨の配向性と骨密度の影響を大きく受けており、第1方向の音速は、骨の配向性の影響が小さく、骨密度の影響が大きい。そのため、第2指標算出手段は、第2方向の音速と第1方向の音速とに基づいて、骨の配向性に関する第2指標を算出することができる。また、骨診断手段は、骨密度に関する第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標の両方を用いて、骨強度を診断することにより、第1指標のみを用いて診断した場合に比べて、より正確に骨強度を診断することができる。

20

【0010】

本願の骨強度診断装置は、前記第1方向が、前記骨の長軸方向に直交する方向であることを特徴とする。

【0011】

長軸方向に直交する方向の表面波音速は、骨の配向性の影響が小さい。そのため、長軸方向に直交する方向の表面波音速を用いることにより、正確に骨強度を診断することができる。

【0012】

本願の骨強度診断装置は、前記音速測定手段が、さらに、前記骨の皮質骨厚みを測定するものであり、前記音速測定手段により測定された前記皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第3指標を算出する第3指標算出手段をさらに備え、前記骨診断手段は、骨密度に関する前記第1指標と、骨強度に関する前記第3指標の両方から、あるいは、骨密度に関する前記第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標と、骨強度に関する前記第3指標のうち、少なくとも1つを用いて、骨強度を診断することを特徴とする。

30

【0013】

現在の骨粗鬆症診断は、Dual X-ray Absorptiometry (以下、DXA) による骨塩密度 (Bone Mineral Density、以下BMD_{DXA}) 測定が標準的に用いられ、骨強度の標準的な指標であるBMD_{DXA}は、皮質骨骨密度より皮質骨厚み(骨量)の影響が大きい。第3指標算出手段は、超音波で測定した骨の皮質骨厚みに基づいて骨の強度に関する第3指標を算出する。また、骨診断手段は、骨密度に関する第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標だけでなく、骨強度に関する第3指標を用いて骨強度を診断することにより、第1指標のみを用いて診断した場合、あるいは第1指標と第2指標のみを用いて診断した場合に比べて、より正確に骨強度を診断することができる。

40

【0014】

本願の骨強度診断装置は、前記音速測定手段が、超音波を骨の表面に略垂直に放射し、前記骨の表面からの第1反射波、及び、前記骨の裏面からの第2反射波を受波し、前記第1反射波と前記第2反射波がそれぞれ受波された時間の差に基づいて、前記骨の厚みを算出することを特徴とする。

【0015】

50

骨に対して略垂直に超音波が送波されると、骨の表面で反射した第1反射波と、骨の内部を伝播して骨の裏面で反射した第2反射波とが生じる。音速測定手段は、骨に対して超音波を送波した後、第1反射波と第2反射波をそれぞれ受波する。第2反射波は、骨の表面から裏面の間を往復する分、第1反射波に対して遅れて戻ってくる。即ち、2つの反射波の時間差は、超音波が骨表面から骨裏面までの間を往復する時間に相当する。そのため、音速測定手段は、第1反射波と第2反射波の受波時間の差に基づいて、骨の厚みを算出することができる。

本願の骨強度診断装置は、前記受波された時間の差と、前記骨中を伝播する超音波の音速の仮定値とを用いて、前記骨の厚みを算出することを特徴とする。

【0016】

10

骨の厚みは、骨中を厚み方向に伝播する超音波の音速と、第1反射波と第2反射波の受波された時間の差から算出することができる。骨中の音速、及び、骨の厚みはいずれも個体差があるが、骨中の音速の個体差によるばらつきは、骨の厚みの個体差によるばらつきに比べて小さい。そのため、骨中の音速を一定値と仮定して骨の厚みを算出することにより、簡便に骨の厚みを算出することができる。

【0017】

本願の骨強度診断装置は、皮質骨測定手段により前記骨の皮質骨厚みを測定するものであり、前記皮質骨測定手段により測定された前記皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第3指標を算出する第3指標算出手段をさらに備え、前記骨診断手段は、骨密度に関する前記第1指標と、骨強度に関する前記第3指標の両方から、骨強度を診断することを特徴とする。

20

【0018】

本願の骨強度診断装置は、皮質骨測定手段により前記骨の皮質骨厚みを測定するものであり、前記皮質骨測定手段により測定された前記皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第3指標を算出する第3指標算出手段をさらに備え、前記骨診断手段は、骨密度に関する前記第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標と、骨強度に関する前記第3指標のうち、少なくとも1つを用いて、骨強度を診断することを特徴とする。

【0019】

本願の皮質骨測定手段は、超音波を用いた測定装置、X線診断装置あるいはコンピュータ断層撮影装置であることを特徴とする。

30

【0020】

現在の骨粗鬆症診断は、Dual X-ray Absorptiometry (以下、DXA) による骨塩密度 (Bone Mineral Density、以下BMD_{DXA}) 測定が標準的に用いられ、骨強度の標準的な指標であるBMD_{DXA}は、皮質骨骨密度より皮質骨厚み(骨量)の影響が大きい。第3指標算出手段は、超音波を用いた測定装置、X線診断装置あるいはコンピュータ断層撮影装置等、皮質骨測定手段で測定した骨の皮質骨厚みに基づいて骨の強度に関する第3指標を算出する。また、骨診断手段は、骨密度に関する第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標だけでなく、骨強度に関する第3指標を用いて骨強度を診断することにより、第1指標のみを用いて診断した場合、あるいは第1指標と第2指標のみを用いて診断した場合に比べて、より正確に骨強度を診断することができる。

40

【0021】

本願の骨強度診断方法は、超音波を用いて骨強度を診断する方法であって、超音波を骨の表面に放射し、前記骨の表面において、その長軸方向に交差する第1方向に沿って伝搬する超音波の音速と、前記長軸方向に平行な第2方向に沿って伝搬する超音波の音速とをそれぞれ測定する音速測定工程と、前記音速測定工程で測定された前記第1方向の音速を用いて、骨密度に関する第1指標を算出する第1指標算出工程と、前記音速測定工程で測定された前記第2方向の音速と、前記第1方向の音速とを用いて、骨の配向性に関する第2指標を算出する第2指標算出工程と、骨密度に関する前記第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標の両方から、骨強度を診断する骨診断工程と、を備えることを特徴とする。

50

【0022】

第1方向の表面波の音速は、配向性の影響が小さく、骨密度の影響が大きいため、骨密度との相関性が高い。一方、第2方向の表面波の音速は、骨の配向性と骨密度の両方の影響が大きい。従って、第1指標算出工程により、第1方向の音速に基づいて、骨密度に関する第1指標を算出することができる。また、第2指標算出工程により、第2方向の音速と第1方向の音速とに基づいて、骨の配向性に関する第2指標を算出することができる。さらに、骨診断工程によって、骨密度に関する第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標の両方を用いて骨強度を診断することにより、どちらか一方の指標だけを用いる場合に比べて、より正確に骨強度を診断することができる。

【0023】

10

本願の骨強度診断方法は、前記音速測定工程が、さらに、前記骨の皮質骨厚みを測定するものであり、前記音速測定工程により測定された前記皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第3指標を算出する第3指標算出工程をさらに備え、前記骨診断工程は、骨密度に関する前記第1指標と、骨強度に関する前記第3指標の両方から、あるいは、骨密度に関する前記第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標と、骨強度に関する前記第3指標のうち、少なくとも1つを用いて、骨強度を診断することを特徴とする。

【0024】

本願の骨強度診断方法は、皮質骨測定工程により前記骨の皮質骨厚みを測定するものであり、前記皮質骨測定工程により測定された前記皮質骨厚みを用いて、骨強度に関する第3指標を算出する第3指標算出工程をさらに備え、前記骨診断工程は、骨密度に関する前記第1指標と、骨強度に関する前記第3指標の両方から、あるいは、骨密度に関する前記第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標と、骨強度に関する前記第3指標のうち、少なくとも1つを用いて、骨強度を診断することを特徴とする。

20

【0025】

本願の皮質骨測定工程は、超音波を用いた測定工程、X線診断工程あるいはコンピュータ断層撮影工程であることを特徴とする。

【0026】

現在の骨粗鬆症診断は、Dual X-ray Absorptiometry (以下、DXA) による骨塩密度 (Bone Mineral Density、以下 BMD_{DXA}) 測定が標準的に用いられ、骨強度の標準的な指標である BMD_{DXA} は、皮質骨骨密度より皮質骨厚み (骨量) の影響が大きい。第3指標算出手段は、超音波を用いた測定装置、X線診断装置あるいはコンピュータ断層撮影装置等、皮質骨測定手段で測定した骨の皮質骨厚みに基づいて骨の強度に関する第3指標を算出する。また、骨診断手段は、骨密度に関する第1指標と、骨の配向性に関する前記第2指標だけでなく、骨強度に関する第3指標を用いて骨強度を診断することにより、第1指標のみを用いて診断した場合、あるいは第1指標と第2指標のみを用いて診断した場合に比べて、より正確に骨強度を診断することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0028】

40

本実施形態の骨強度診断装置1は、超音波を測定部位の骨に放射し、骨の表面に表面波を発生させ、その表面波から漏れる漏洩波を受波することにより、表面波の音速を測定し、さらに、得られた音速から骨強度を診断する装置である。

【0029】

骨強度診断装置1は、脛骨内側面31を測定部位とする。脛骨は、長管状骨の一種であり、図2に示すように、脛骨の皮質骨30は、長軸方向に直交する方向の断面形状が略三角形形状である。測定部位である脛骨内側面31とは、この断面略三角形形状を構成する3つの面のうち、体の内側 (図2中の右側) に位置する面のことである。脛骨内側面31は一定の長さにおいて平坦性を有している。また、この脛骨内側面31を覆う筋肉などの軟組織40の厚みは比較的薄い。そのため、脛骨内側面31と皮膚表面41はほぼ平行である

50

。これにより、後述する表面波を発生させることができると共に、表面波の伝搬距離を確保することができる。

【0030】

尚、以下の骨強度診断装置1の説明において、脛骨の長軸方向を縦方向、脛骨の長軸方向に直交する方向であって図2に示す脛骨内側面31の方向を横方向と定義する。また、脛骨内側面31及び脛骨の皮質骨30を、単に骨表面31及び骨30と表現する。また、本発明の第1方向及び第2方向は、それぞれ横方向及び縦方向に相当する。

【0031】

図1に示すように、骨強度診断装置1は、横方向用超音波送受波器2と、縦方向用超音波送受波器3と、装置本体4とを備える。横方向用超音波送受波器2と縦方向用超音波送受波器3は、それぞれ装置本体4にケーブルを介して接続されている。

また骨強度診断装置1は、超音波を用いた測定装置、X線診断装置あるいはコンピュータ断層撮影装置等の皮質骨測定装置と接続可能、あるいは、皮質骨測定装置で測定したデータを共有可能なインターフェースが備えられている（非図示）。

【0032】

あるいは、横方向用超音波送受波器2あるいは縦方向用超音波送受波器3の少なくとも片方に、皮質骨厚み測定用の送受波部を設け、骨に対して略垂直に超音波を放射して、表面と裏面からの反射波の時間差から、音速を仮定して、厚みを導出することも可能である。

【0033】

この場合、皮質骨測定装置と接続は不要、あるいはデータ共有が不要となる。

【0034】

横方向用超音波送受波器2は、骨表面31に超音波を放射し、骨表面31に沿って横方向に伝搬する超音波（表面波）を発生させると共に、この表面波から軟組織40側に漏洩する超音波（漏洩波）を受波する。また、縦方向用超音波送受波器3は、骨表面31に超音波を放射し、骨表面31に沿って縦方向に伝搬する超音波（表面波）を発生させるとともに、この表面波から軟組織40側に漏洩する超音波（漏洩波）を受波する。横方向用超音波送受波器2及び縦方向用超音波送受波器3としては、それぞれ超音波の送波及び受波を1台で行う超音波トランジェンサと呼ばれる機器が用いられる。尚、図2は、横方向用超音波送受波器2を使用している状態を示した図であり、図1及び図3は、縦方向用超音波送受波器3を使用している状態を示した図である。

【0035】

図2及び図3に示すように、横方向用超音波送受波器2及び縦方向用超音波送受波器3は、皮膚表面41に当接する当接面8a、8bをそれぞれ備える。尚、横方向用超音波送受波器2及び縦方向用超音波送受波器3を使用する際、皮膚表面41には超音波ゼリーが塗られる。

【0036】

図2に示すように、横方向用超音波送受波器2は、超音波を送波する送波部5aと、超音波を受波する2つの受波部6a、7aとを備える。当接面8aが皮膚表面41の所定の位置に当接した状態において、送波部5a、受波部6a、受波部7aは、それぞれ所定の間隔を空け、この順で横方向に並んでいる。

【0037】

送波部5aは、装置本体4から送信される電気パルス信号を受信することにより、所定の周波数の超音波パルスAaを放射する。送波部5aとしては、指向性の広い超音波を放射するものが用いられる。送波部5aは、当接面8aが皮膚表面41の所定の位置に接触した状態において、送波部5aから放射される超音波Aaが骨表面31に臨界角付近で入射するように設定される。指向性が広い送波部5aを用いることにより、厳密に入射角を設定しなくても、超音波を臨界角で骨表面31に入射させることが可能となる。また、臨界角は、軟組織40中の音速と後述する表面波の音速とによって求められる。そのため、指向性の広い送波部5aを用いることにより、表面波の音速が被験者によって異なる場合

であっても超音波を臨界角で骨表面 3 1 に入射させることが可能となる。

【0038】

送波部 5 a から超音波パルス A a が放射され、骨表面 3 1 に対して臨界角で入射すると、骨表面 3 1 に表面波 B a が発生する。表面波 B a は、軟組織 4 0 側の所定の方向（例えば、C 1 a、C 2 a の方向）に漏洩波を放射しつつ、骨表面 3 1 に沿って横方向に伝搬する。

【0039】

2つの受波部 6 a、7 a は、それぞれ所定の距離 L 1 a、L 2 a 伝搬した表面波 B a からそれぞれ放射される漏洩波 C 1 a、C 2 a を受波する。また、受波部 6 a、7 a は漏洩波 C 1 a、C 2 a をそれぞれ受波すると同時に、装置本体 4 に到達信号をそれぞれ送信する。

10

【0040】

図 3 に示すように、縦方向用超音波送受波器 3 は、横方向用超音波送受波器 2 と同様に、超音波を送波する送波部 5 b と、超音波を受波する 2 つの受波部 6 b、7 b とを備える。当接面 8 b が皮膚表面 4 1 の所定の位置に当接した状態において、送波部 5 b、受波部 6 b、受波部 7 b は、それぞれ所定の間隔を空け、この順で縦方向に並んでいる。

【0041】

送波部 5 b は、装置本体 4 から送信される電気パルス信号を受信することにより、所定の周波数の超音波パルス A b を放射する。送波部 5 a としては、指向性の広い超音波を放射するものが用いられる。送波部 5 b は、当接面 8 b が皮膚表面 4 1 の所定の位置に接触した状態において、送波部 5 b から放射される超音波 A b が骨表面 3 1 に臨界角付近で入射するように設定される。

20

【0042】

送波部 5 b から超音波パルス A b が放射され、骨 3 0 に対して臨界角で入射すると、骨表面 3 1 に表面波 B b が発生する。表面波 B b は、軟組織 4 0 側の所定の方向（例えば、C 1 b、C 2 b の方向）に漏洩波を放射しつつ、骨表面 3 1 に沿って縦方向に伝搬する。

【0043】

2つの受波部 6 b、7 b は、それぞれ所定の距離 L 1 b、L 2 b 伝搬した表面波 B b からそれぞれ放射される漏洩波 C 1 b、C 2 b を受波する。受波部 6 b、7 b は漏洩波 C 1 b、C 2 b をそれぞれ受波すると同時に、装置本体 4 に到達信号をそれぞれ送信する。

30

【0044】

図 1 に示すように、装置本体 4 は、超音波制御部 2 0 と、音速算出部 2 1 と、第 1 指標算出部 2 2 と、第 2 指標算出部 2 3 と、骨診断部 2 5 と、表示部 2 6 等から構成される。尚、超音波制御部 2 0、音速算出部 2 1、骨特性評価部 2 2、及び、骨診断部 2 5 は、ROM、RAM、CPU 等から構成される。尚、本発明の音速測定手段は、縦方向用超音波送受波器 3 と、縦方向用超音波送受波器 3 と、超音波制御部 2 0 と、音速算出部 2 1 とから構成される。

【0045】

超音波制御部 2 0 は、横方向用超音波送受波器 2 及び縦方向用超音波送受波器 3 の送波部 5 a、5 b から所定の周波数の超音波パルス A a、A b を放射するための電気パルス信号を生成し、この電気信号を横方向用超音波送受波器 2 及び縦方向用超音波送受波器 3 に送信する。

40

【0046】

音速算出部 2 1 は、横方向用超音波送受波器 2 の受波部 6 a、7 a から送信された到達信号の時間差等に基づいて、骨表面 3 1 を横方向に伝わる表面波 B a の音速 V a を算出する。また、音速算出部 2 1 は、縦方向用超音波送受波器 3 の受波部 6 b、7 b から送信された到達信号の時間差等に基づいて、骨表面 3 1 を縦方向に伝わる表面波音速 V b を算出する。

【0047】

横方向の表面波 B a の音速 V a を算出する場合について具体的に説明する。まず、受波

50

部 6 a、7 a からそれぞれ送信された到達信号の時間差 $\Delta T a$ を算出する。送波部 5 a から受波部 6 a までの超音波の経路と、送波部 5 a から受波部 7 a までの超音波の経路との差は、横方向の表面波 B a の伝搬距離の差 $\Delta L a$ ($L 2 a - L 1 a$) だけである。即ち、表面波 B a は時間 $\Delta T a$ の間に、距離 $\Delta L a$ だけ進んでいる。また、上述したように骨表面 3 1 と皮膚表面 4 1 とは、ほぼ平行であるため、表面波 B a の伝搬距離の差 $\Delta L a$ は、受波部 6 a と受波部 7 a との離隔距離 $\Delta D a$ にほぼ等しい。従って、横方向の表面波 B a の音速 $V a$ は、 $V a = \Delta D a / \Delta T a$ により算出される。

【0048】

また、縦方向の表面波 B b の音速 $V b$ を算出する場合、受波部 6 b、7 b からそれぞれ送信された到達信号の時間差を $\Delta T b$ 、受波部 6 b と受波部 7 b との離隔距離を $\Delta D b$ とすると、縦方向の表面波 B b の音速 $V b$ は、 $V b = \Delta D b / \Delta T b$ により算出される。 10

【0049】

第 1 指標算出部 2 2 は、音速算出部 2 1 で算出された横方向の表面波音速 $V a$ を骨密度に関する第 1 指標とする。第 2 指標算出部 2 3 は、音速算出部 2 1 で算出された縦方向及び横方向の表面波音速 $V b$ 、 $V a$ を用いて、骨の配向性に関する第 2 指標を算出する。骨診断部 2 5 は、第 1 指標算出部 2 2 及び第 2 指標算出部 2 3 で算出された第 1 指標及び第 2 指標の両方に基づいて、骨強度を診断する。尚、第 1 指標算出部 2 2、第 2 指標算出部 2 3、及び、骨診断部 2 5 については、後に詳しく説明する。

【0050】

表示部 2 6 は、骨診断部 2 5 による診断結果を、骨特性評価部 2 2 によって算出された第 1 指標及び第 2 指標とともに表示する。 20

【0051】

ここで、表面波音速と、骨密度及び骨の配向性と、骨強度との関係について説明する。

【0052】

骨強度は、骨の配向性と骨密度とによってほぼ決定されると考えられる。骨密度は、骨量の評価指標であり、骨の詰まり具合を示す。骨密度が高いほど高強度である。一方、骨の配向性は、骨質を評価する重要な指標の 1 つである。骨は、ハイドロキシアパタイト (H A p) 結晶と、繊維状のコラーゲンとが規則的に配列された構造を有しており、H A p 結晶の配向性とは、H A p 結晶の配列方向や配列度合い (結晶の揃い具合) を表す。また、繊維状コラーゲンも H A p 結晶の配列方向とほぼ同じ方向に走行している。脛骨を含む長管状骨は、H A p 結晶の c 軸が長軸方向に沿って配列する 1 軸配向性と呼ばれる特徴を有している。一般的に、ある配列方向において H A p 結晶の配列度合いが高いほど、その配列方向において骨強度は高いと判断することができる。しかし、例えば、骨粗鬆症により骨密度が低下すると、荷重が作用する方向に関して配向性が高くなる場合がある。これは、低下した骨強度を補う作用が働くためと考えられる。このように特定の方向の配向性のみが極端に高くなる場合には、他の方向の配向性が低くなり、その方向に関して骨強度が弱くなる場合がある。 30

【0053】

また、骨の表面波音速は、骨密度と骨の配向性 (H A p 結晶の配向性とコラーゲンの配向性) の両方の影響を受けていると考えられる。同じ配向性の場合、骨密度が高いほど表面波音速は速くなり、同じ骨密度の場合、配向性が高いほど表面波音速は速くなると考えられる。 40

【0054】

図 4 は、脛骨の横方向及び縦方向の表面波音速と、骨密度との関連性を示すグラフである。図 4 は、縦軸を縦方向の表面波音速、横軸を横方向の表面波音速としている。先ず、複数の被験者の脛骨の横方向及び縦方向の表面波音速を測定した。また、同じ被験者達の踵骨について、超音波骨密度測定装置 (古野電気株式会社製 C M - 2 0 0) を用いて骨密度をそれぞれ測定した。そして、図 4 において、骨密度の上位 4 名について、横方向及び縦方向の表面波音速の測定結果を記号「○」で表示し、骨密度の下位 5 名について、横方向及び縦方向の表面波音速の測定結果を記号「×」で表示した。尚、踵骨の骨密度の測定 50

に用いた超音波骨密度測定装置は、超音波送波器と超音波受波器で踵骨を挟み込み、踵骨内を通過する超音波の音速を測定することにより、骨密度を算出している。通常、ある部位の骨密度が高い場合、他の部位の骨密度も高くなると推定できる。従って、踵骨の骨密度が高い場合、脛骨の骨密度も高いものとする。

【0055】

図4に示すように、骨密度の高い4名の横方向の表面波音速は、比較的速い。また、骨密度の低い5名の横方向の表面波音速は、比較的遅い。従って、横方向の表面波音速は、骨密度と相関性を有しており、横方向の表面波音速が速い場合、骨密度は高いと判断することができる。これは、横方向の表面波が、前述した脛骨の1軸配向性による配列方向を横断して伝搬しており、そのため、横方向の表面波音速は、配向性の影響をあまり受けず、骨密度の影響を大きく受けていることに起因すると考えられる。

10

【0056】

一方、図4に示すように、骨密度の高い4名は、縦方向の表面波音速が比較的速い者もいれば、比較的遅い者もいる。従って、縦方向の表面波音速が速い（又は遅い）からといって、骨密度が高いとは言えない。これは、縦方向の表面波が、前述した脛骨の1軸配向性による配列方向に沿って伝搬しており、そのため、縦方向の表面波音速は、配向性と骨密度の両方の影響を大きく受けていることに起因すると考えられる。

【0057】

以上のことから、第1指標算出部は、横方向の表面波音速V a自体を、骨密度を評価する指標（第1指標）として用いる。

20

【0058】

また、縦方向の表面波音速は、骨密度と配向性の両方の影響を受けており、一方、横方向の表面波音速は、配向性の影響が小さく、骨密度の影響が大きいと考えられる。そのため、縦方向の表面波音速を横方向の表面波音速で割った値は、骨密度の影響が相殺されて、配向性と相関性を有すると考えられる。従って、例えば、図4に示す骨密度の小さい5名のうち、縦方向の表面波音速の最も速いWは、縦方向の表面波音速を横方向の表面波音速で割った値が比較的高いため、配向性は高いと判断することができる。

【0059】

以上のことから、第2指標算出部23は、縦方向の表面波音速V bを横方向の表面波音速V aで割った値V b/V aを算出し、この値V b/V aを、配向性を評価する第2指標とする。

30

【0060】

また、上述したように、骨強度は、骨密度と骨の配向性とによってほとんど決定され、骨密度と骨の配向性は、互いに独立した骨強度の指標である。そのため、骨診断部25は、第1指標と第2指標に基づいて、骨強度を診断する。第1指標が所定の値よりも大きければ、骨密度の観点からは骨強度は十分であると診断できる。また、第2指標は、第1指標と照らし合わせて用いられる。例えば、第1指標が所定の値より小さく、第2指標が所定の範囲よりも大きい値である場合には、骨密度は小さいが配向性が高い。この場合は、例えば、骨粗鬆症により骨密度が低下したため、負荷荷重により長軸方向の配向性が高くなったと考えられる。この場合には、特に長軸方向以外の方向に関して骨強度が低いと診断する。骨密度と骨の配向性の両方に基づいて骨強度を診断することにより、どちらか一方の指標に基づいて診断する場合に比べて、より正確に骨強度を診断することができる。特に、骨粗鬆症や、小児等の骨成長により骨密度及び骨の配向性が変化している場合には、両方の指標を用いることにより、一方の指標を用いる場合に比べて、より正確に骨の状態を把握して診断することができる。

40

【0061】

図5～9は、実際に実験用骨試料を用いて測定したデータである。実験用骨試料として、70～94歳の男女17体のヒト大腿骨骨幹皮質骨部を用いた。皮質骨測定装置100に該当するDXAとPeripheral Quantitative Computed Tomography (pQCT) 測定を行った後、小転子下約3cmの位置から骨試料（皮質骨）を切り

50

出し、1辺1cm以下の直方体ブロックを作製した。2つの探触子で骨ブロックを挟み、超音波透過法により、長軸（縦）方向と、円周（横）方向の音速を測定した（中心周波数は3MHz）。また骨密度をアルキメデス法により測定した。長軸方向の骨配向性は、微小領域X線回折法により、各方向の生体アパタイト（BAP）結晶のc軸配向性を（002）／（310）強度比から測定した。

上記測定値から、各パラメータ間の相関関係を分析することで、超音波による音速と、X線によるBMDや結晶配向性との相関関係を調べた。

図5は、骨密度と、縦および横方向音速との関係を示している。まず縦方向音速が、横方向音速よりも速く、骨の異方性が音速に現れていることが分かる。骨密度との相関係数は、横方向音速の方が大きく（ $R^2 = 0.72$ ）、長軸方向に交差する第1方向に沿った音速から骨密度に関する第1指標を算出できることを示している。縦方向音速と骨密度の相関は、 $R^2 = 0.35$ と、弱い相関を示していることがわかる。

図6は、骨の配向性と、縦および横方向音速との関係を示している。骨（アパタイト結晶）の配向性と横方向音速との相関は見られないのに対して、縦方向音速とは相関が見られる（ $R^2 = 0.46$ ）。骨密度と横方向音速との相関係数ほど大きくはないことがわかる。

図7は、骨密度と骨の配向性との関係を示している。骨密度と骨の配向性には相関がなく、それぞれが独立したパラメータであることが分かる。

図8は、骨密度とDXA方式による BMD_{DxA} 、及びpQCT方式による BMD_{pqc} との関係、図9は、皮質骨厚みとDXA方式による BMD_{DxA} との関係を示している。pQCTでは、切り出した部位の BMD_{pqc} を算出し、その付近の皮質骨厚みも読み取った。骨密度とDXA方式による BMD_{DxA} には全く相関がなく、骨密度とpQCT方式による BMD_{pqc} には相関があることが分かる。これにより、骨強度の標準的な指標である BMD_{DxA} は、物理的な骨密度を示すものではないと言える。逆に、 BMD_{DxA} と皮質骨厚みに相関が見られた（ $R^2 = 0.53$ ）ことから、 BMD_{DxA} は骨密度ではなく骨量が支配的であることが分かる。

図5～8と重回帰分析により、縦方向音速は、骨密度と骨の配向性の両パラメータが寄与していることが示される。ここで重回帰分析により、縦方向音速を、骨密度と、骨の配向性の2パラメータで回帰分析すると、相関係数は $R^2 = 0.85$ まで向上する。骨密度、骨の配向性、各々の標準回帰係数は、0.52と0.62となる。これは、縦方向音速は、骨密度と骨の配向性が同じような寄与率で反映していることを示している。従って、骨の配向性は、第1方向音速と第2方向音速の両指標を使って算出できる。

以上のことから、骨強度の標準的な指標である（DXAで測定される） BMD_{DxA} は、皮質骨骨密度より皮質骨厚み（骨量）の影響が大きいことが分かる。一方pQCTで測定される BMD_{pqc} と皮質骨骨密度に強い相関性が見られたことから、骨密度はミネラル成分の量でほぼ決まることが分かる。また骨の異方性に関して、円周および径方向の音速は、ほぼ骨密度のみに影響され、長軸方向の音速は、骨密度とアパタイト結晶配向性の両方に支配されることが分かる。つまり、超音波を用いて「皮質骨厚み」、「各軸方向の音速」を生体外から測定することで、皮質骨厚みから骨量、円周もしくは径方向音速から骨密度、それに長軸方向の音速を用いて骨配向性の観測が可能で、現在より多くの視点から骨強度を診断できる。

【0062】

次に、骨強度診断装置1を用いて骨強度を診断する際の処理手順について説明する。まず、横方向用超音波送受波器2の当接面8aを、超音波ゼリーが塗られた測定部位の骨30を覆う皮膚表面41に当接させる。この状態で、操作者が装置本体4に設けられたスイッチを投入する。これにより装置本体4の超音波制御部20から横方向用超音波送受波器2に電気信号が送信される。横方向用超音波送受波器2は、電気信号を受信すると、送波部5aから骨表面31に対し所定の斜め方向に超音波パルスAaを放射する。放射された超音波パルスAaは、軟組織40を伝搬して臨界角で骨30に入射し、骨表面31に表面波Baを発生させる。この表面波Baは、軟組織40側に漏洩しながら骨表面31を横方

向に伝搬する。表面波B aが所定の距離L 1 a、L 2 aを伝搬した後に漏洩した漏洩波C 1 a、C 2 aが、それぞれ受波部6 a、7 aによって受波される。受波部6 a、7 aは、それぞれ漏洩波C 1 a、C 2 aを受波すると同時に、装置本体4に対して到達信号を送信する。

【0063】

次に、縦方向用超音波送受波器3の当接面8 bを、超音波ゼリーが塗られた測定部位の骨30を覆う皮膚表面41に当接させ、装置本体4のスイッチを投入する。これにより装置本体4の超音波制御部20から縦方向用超音波送受波器3に電気信号が送信される。縦方向用超音波送受波器は3、電気信号を受けると、送波部5 bから骨表面31に対し所定の斜め方向に超音波パルスA bを放射する。放射された超音波パルスA bは、軟組織40を伝搬して臨界角で骨30に入射し、骨表面31に表面波B bを発生させる。この表面波B bは、軟組織40側に漏洩しながら骨表面31を縦方向に伝搬する。表面波B bが所定の距離L 1 b、L 2 bを伝搬した後に漏洩した漏洩波C 1 b、C 2 bが、それぞれ受波部6 b、7 bによって受波される。受波部6 b、7 bは、それぞれ漏洩波C 1 b、C 2 bを受波すると同時に、装置本体4に対して到達信号を送信する

10

【0064】

装置本体4の音速算出部21は、横方向用超音波送受波器2から送信された2つの到達信号の時間差 $\Delta T a$ と、受波部6 a、7 aの離隔距離 $\Delta D a$ を基にして、横方向の表面波B aの音速 $V a$ を算出する。同様に、縦方向用超音波送受波器3から送信された2つの到達信号の時間差 $\Delta T b$ と、受波部6 b、7 bの離隔距離 $\Delta D b$ を基にして、縦方向の表面波B bの音速 $V b$ を算出する。

20

【0065】

次に、第1指標算出部22によって、横方向の表面波音速 $V a$ を用いた第1指標が得られる。また、第2指標算出部23によって、縦方向の表面波音速 $V b$ を横方向の表面波音速 $V a$ で割った値が算出され、第2指標が得られる。

【0066】

次に、骨診断部25が、第1指標と第2指標に基づいて骨強度を診断する。そして、骨診断部25の診断結果を、第1指標及び第2指標とともに、表示部26が表示する。

【0067】

また、超音波を用いた測定装置、X線診断装置、コンピュータ断層撮影装置等の皮質骨測定装置と接続している場合、あるいは、皮質骨測定装置で測定したデータを共有しているときには、上記2つの指標に加えて、第3指標も表示部26に表示される。

30

【0068】

尚、本実施形態の骨強度診断装置1は、以下のように変更して実施することができる。

【0069】

1] 測定部位は、脛骨に限定されるものではない。脛骨以外の骨を用いてもよい。

【0070】

2] 横方向用超音波送受波器2又は縦方向用超音波送受波器3は、それぞれ1つの送波部と2つの受波部とを有する構成でなくてもよい。例えば、2つの送波部と1つの受波部とを有する構成であってもよい。また、1つの送波部と1つの受波部とを有し、送波部と受波部の何れか一方が他方に対して相対移動可能な構成であってもよい。また、1つの送波部と3つ以上の受波部を有する構成であってもよい。

40

【0071】

3] 横方向用超音波送受波器2と縦方向用超音波送受波器3は、別々のものでなくてもよい。即ち、横方向と縦方向の両方で兼用できる1つの超音波送受波器を用いてもよい。

【0072】

4] 測定される表面波の方向は、横方向（長軸方向に直交する方向）と縦方向（長軸方向）に限定されず、横方向以外の長軸方向に交差する方向と縦方向であってもよい。

【0073】

5] 本発明の音速測定手段は、横方向用超音波送受波器2と、縦方向用超音波送受波器

50

3と、超音波制御部20と、音速算出部21とから構成されるものに限定されない。例えば、音速算出手段は、反射波などのノイズを除去する公知の手段を備える構成であってもよい。

【0074】

6] 第1指標算出部22によって得られる第1指標は、横方向の表面波音速 V_a 自体に限定されず、音速 V_a に基づいて算出された値を用いることができる。例えば、横方向の表面波音速 V_a と軟組織の厚み等とに基づいて算出された値を第1指標としてもよい。

【0075】

7] 第2指標算出部23によって得られる第2指標は、縦方向の表面波音速 V_b を横方向の表面波音速 V_a で割った値に限定されず、音速 V_a と音速 V_b に基づいて別の方法で算出された値を用いることができる。

【0076】

8] 骨強度診断装置1は、縦方向用超音波送受波器3、及び、第2指標算出部23を備えていなくてもよい。この場合、骨診断部25は、横方向の表面波音速 V_a から得られる第1指標が所定の値よりも大きければ、骨密度が高く、骨強度が高いと診断する。これにより、縦方向の表面波の音速のみに基づいて骨強度を診断している従来の装置よりも正確に骨強度を診断することができる。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1】 本発明の実施形態の骨強度診断装置を示す図である。 20

【図2】 横方向用超音波送受波器を用いた場合の断面図である。

【図3】 縦方向用超音波送受波器を用いた場合の断面図である。

【図4】 脛骨の縦方向及び横方向の表面波音速と、踵骨の骨密度との関係を示すグラフである。

【図5】 ヒト大腿骨骨幹皮質骨部の骨密度と、縦および横方向音速との関係を示すグラフである。

【図6】 ヒト大腿骨骨幹皮質骨部の骨の配向性と、縦および横方向音速との関係を示すグラフである。

【図7】 ヒト大腿骨骨幹皮質骨部の骨密度と骨の配向性との関係を示すグラフである。

【図8】 ヒト大腿骨骨幹皮質骨部の骨密度と $BMD_{D_{XA}}$ 、及び骨密度と $BMD_{p_{QCT}}$ との関係を示すグラフである。 30

【図9】 ヒト大腿骨骨幹皮質骨部の骨の厚みと $BMD_{D_{XA}}$ との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

【0078】

1 骨強度診断装置

2 横方向用超音波送受波器

3 縦方向用超音波送受波器

4 装置本体

5 a、5 b 送波部 40

6 a、6 b、7 a、7 b 受波部

8 a、8 b 当界面

20 超音波制御部

21 音速算出部

22 第1指標算出部

23 第2指標算出部

24 第2指標算出部

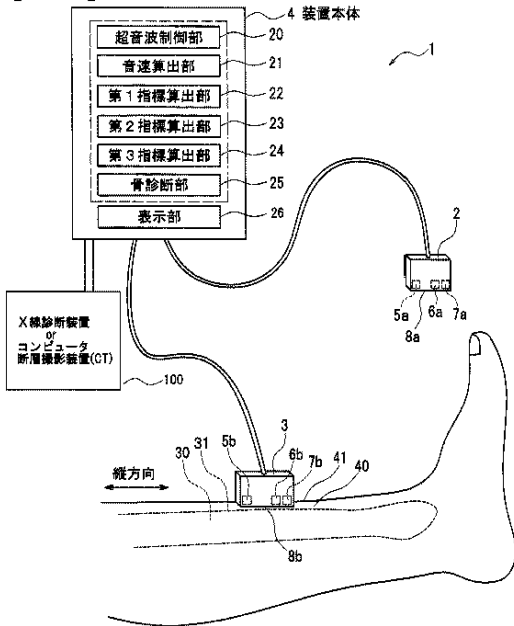
25 骨診断部

26 表示部

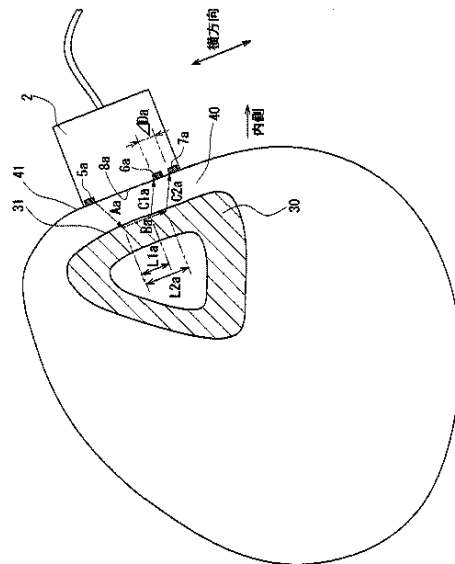
30 骨 50

- 3 1 骨表面
- 4 0 軟組織
- 4 1 皮膚表面
- 1 0 0 皮質骨測定装置 (X線診断装置/コンピュータ断層撮影装置)

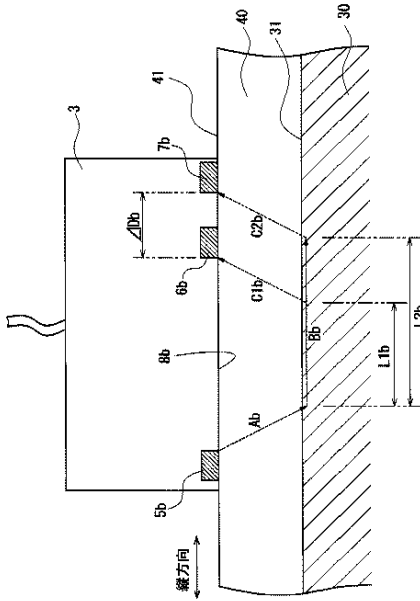
【図 1】



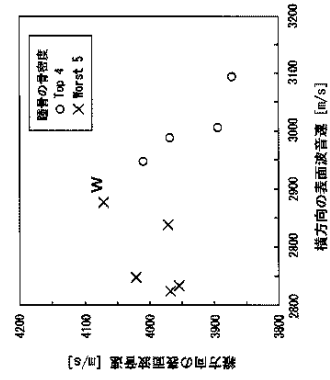
【図 2】



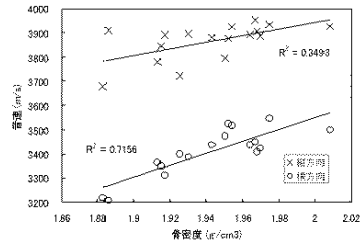
【図 3】



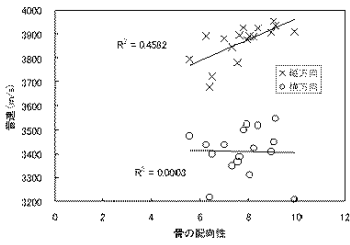
【図 4】



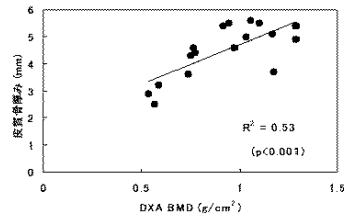
【図 5】



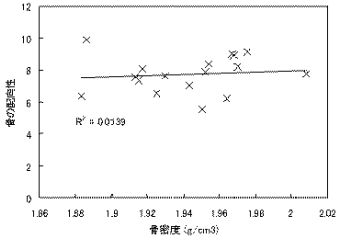
【図 6】



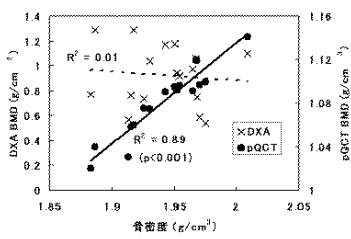
【図 9】



【図 7】



【図 8】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2008/054129
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B8/08(2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B8/08		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2008 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2008 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2008		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2003-517328 A (Sunlight Medical Ltd.), 27 May, 2003 (27.05.03), Par. Nos. [0004], [0083], [0103], [0127]; Figs. 2 to 4, 12 & US 7112173 B1 & DE 69818522 T & CN 1297527 A	1, 3-5, 8-12 6, 7
A	Hirofumi Mizukawa et al, Elastic Anisotropy and Crystallites Orientation in Bovine Cortical Bone, Proceedings of 2006 IEEE Ultrasonics Symposium, 2006.10, pp.2120-2123	2, 13-17
Y	JP 7-100136 A (Horiba, Ltd.), 18 April, 1995 (18.04.95), Par. Nos. [0006], [0009], [0021], [0030]; Fig. 2 (Family: none)	6, 7
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 02 June, 2008 (02.06.08)	Date of mailing of the international search report 10 June, 2008 (10.06.08)	
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer	
Facsimile No.	Telephone No.	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/054129

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-510283 A (Petro Moilanen), 21 April, 2005 (21.04.05), Par. No. [0014] & US 2005/0004457 A1 & FI 20025046 A & CN 1596084 A	1-17

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2008/054129	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B8/08(2006,01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. A61B8/08			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2008年 日本国実用新案登録公報 1996-2008年 日本国登録実用新案公報 1994-2008年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X Y	JP 2003-517328 A (サンライト メディカル リミテッド) 2003.05.27 段落 4, 83, 103, 127、図 2-4, 12 & US 7112173 B1 & DE 69818522 T & CN 1297527 A	1, 3-5, 8-12 6, 7	
A	Hirofumi Mizukawa et al, Elastic Anisotropy and Crystallites Orientation in Bovine Cortical Bone, Proceedings of 2006 IEEE Ultrasonics Symposium, 2006.10, pp.2120-2123	2, 13-17	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 02.06.2008		国際調査報告の発送日 10.06.2008	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 右高 孝幸	2Q 9808
		電話番号 03-3581-1101 内線 3292	

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 2 0 0 8 / 0 5 4 1 2 9

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 7-100136 A (株式会社堀場製作所) 1995. 04. 18 段落 6, 9, 21, 30, 図 2 (ファミリーなし)	6, 7
A	JP 2005-510283 A (モイラネン, ペトロ) 2005. 04. 21 段落 14 & US 2005/0004457 A1 & FI 20025046 A & CN 1596084 A	1-17

フロントページの続き

(72)発明者 馬越 佑吉

日本国大阪府吹田市山田丘1-1 国立大学法人 大阪大学内

Fターム(参考) 4C601 BB01 DD01 DD10 DD20 EE09 GA03 JB38 JB45 LL33

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。

专利名称(译)	骨强度诊断装置及び骨强度诊断方法		
公开(公告)号	JPWO2008146513A1	公开(公告)日	2010-08-19
申请号	JP2009516199	申请日	2008-03-07
申请(专利权)人(译)	古野电器有限公司		
[标]发明人	末利良一 小河慎二 魚留篤 中野貴由 馬越佑吉		
发明人	末利 良一 小河 慎二 魚留 篤 中野 貴由 馬越 佑吉		
IPC分类号	A61B8/08		
CPC分类号	A61B5/4504 A61B5/4509 A61B8/0875		
FI分类号	A61B8/08		
F-TERM分类号	4C601/BB01 4C601/DD01 4C601/DD10 4C601/DD20 4C601/EE09 4C601/GA03 4C601/JB38 4C601/JB45 4C601/LL33		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供一种能够准确地诊断骨骼的骨强度的骨强度诊断装置和骨强度诊断方法。 解决方案：纵向超声换能器和横向超声换能器以预定角度向胫骨的骨表面发射超声波，并且该骨表面在胫骨的长轴方向和长轴方向上旋转。 它产生沿垂直于正交方向传播的表面波，并接收从表面波泄漏到软组织侧的泄漏波。 声速计算单元基于超声波的路径长度的差异和传播时间的差异来计算水平方向和垂直方向上的表面波声速。 第一指标计算单元使用横向上的表面声波速度来计算用于评估骨密度的第一指标。 第二指标计算单元使用表面声波在垂直方向和水平方向上的速度来计算用于评估骨骼取向的第二指标。 第三指标计算单元测量皮质骨的厚度并计算用于评估骨骼强度的第三指标。 骨诊断单元通过使用第一指标，第二指标和第三指标中的至少一个来诊断骨骼强度。 [选型图]

图1

